



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 14 NOV. 2003

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

**Important !** Remplir impérativement la 2ème page.

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 190600

<b>REMISE DES PIÈCES</b> <b>DATE</b> 19 NOV 2002 <b>LIEU</b> 75 INPI PARIS <b>N° D'ENREGISTREMENT</b> 0214422 <b>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI</b> <b>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI</b> 19 NOV. 2002		<b>NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> Madame Sophie PLAISANT DIRECTION DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE USINOR Immeuble "La Pacific" - La Défense 7 TSA 10001 F - 92070 LA DEFENSE CEDEX	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> CLI 01/003A			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> PIÈCE D'ACIER DE CONSTRUCTION SOUDABLE ET PROCÉDE DE FABRICATION			
<b>DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		USINOR	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	Immeuble "La Pacific" - La Défense 7 - 11/13 Cours Valmy	
	Code postal et ville	92800	PUTEAUX
Pays		FRANCE	
Nationalité		française	
N° de téléphone (facultatif)		01 41 25 91 24	
N° de télécopie (facultatif)		01 41 25 87 54	
Adresse électronique (facultatif)			

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>13 NOV 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0214422</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : (facultatif)		CLI 01/003A	
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom		PLAISANT	
Prénom		Sophie	
Cabinet ou Société		DIR PI - ARCELOR	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		15/04/2002	
Adresse	Rue	Immeuble "La Pacific" - La Défense 7 - TSA 10001	
	Code postal et ville	92070	LA DEFENSE CEDEX
N° de téléphone (facultatif)		01 41 25 91 24	
N° de télécopie (facultatif)		01 41 25 87 54	
Adresse électronique (facultatif)			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Sophie PLAISANT		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  M MARTIN	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

## PIECE D'ACIER DE CONSTRUCTION SOUDABLE ET PROCEDE DE FABRICATION

5 La présente invention concerne des pièces d'acier de construction soudables et leur procédé de fabrication.

Les aciers de construction doivent présenter un certain niveau de caractéristiques mécaniques pour être adaptés à l'usage que l'on souhaite en faire, et ils doivent en particulier présenter une dureté élevée. Pour cela, on  
10 utilise des aciers susceptibles d'être trempés, c'est à dire pour lesquels on peut obtenir une structure martensitique ou bainitique lorsqu'on les refroidit de façon suffisamment rapide et efficace. On définit ainsi une vitesse critique bainitique, au-delà de laquelle on obtient une structure bainitique, martensitique ou martensito-bainitique, en fonction de la vitesse de  
15 refroidissement atteinte.

L'aptitude à la trempe de ces aciers dépend de leur teneur en éléments trempants. En règle générale, plus ces éléments sont présents en grande quantité, plus la vitesse critique bainitique est faible.

En dehors de leurs caractéristiques mécaniques, les aciers de  
20 construction doivent également présenter une bonne soudabilité. Or, lorsqu'on soude une pièce d'acier, la zone de soudage, encore appelée Zone Affectée Thermiquement ou ZAT, est soumise à une très haute température pendant un temps bref, puis à un refroidissement brutal qui vont conférer à cette zone une dureté élevée qui peut conduire à des fissurations et  
25 restreindre ainsi la soudabilité de l'acier.

D'une façon classique, la soudabilité d'un acier peut être estimée à l'aide du calcul de son "carbone équivalent" donné par la formule suivante :

$$C_{eq} = (\%C + \%Mn/6 + (\%Cr + (\%Mo + \%W/2) + \%V)/5 + \%Ni/15)$$

En première approximation, plus son carbone équivalent est faible plus  
30 l'acier est soudable. On comprend donc que l'amélioration de la trempabilité,

qui passe par une plus grande teneur en éléments trempants, se fait au détriment de la soudabilité.

Pour améliorer la trempabilité de ces aciers sans dégrader leur soudabilité, on a alors développé des nuances micro-alliées au bore, en profitant de ce que, notamment, l'efficacité trempante de cet élément diminue  
5 lorsque la température d'austénitisation augmente. Ainsi, la ZAT est moins trempante qu'elle ne le serait dans une nuance de même trempabilité sans bore, et l'on peut ainsi diminuer trempabilité et dureté de cette ZAT.

Toutefois, comme l'effet trempant du bore dans la partie non soudée  
10 de l'acier tend à saturer pour des teneurs efficaces de 30 à 50 ppm, une amélioration supplémentaire de la trempabilité de l'acier ne peut alors se faire qu'en ajoutant des éléments trempants dont l'efficacité ne dépend pas de la température d'austénitisation, ce qui pénalise automatiquement la soudabilité de ces aciers. De même, l'amélioration de la soudabilité passe par la  
15 diminution des teneurs en éléments trempants, qui réduit automatiquement la trempabilité.

Le but de la présente invention est de remédier à cet inconvénient en proposant un acier de construction ayant une trempabilité améliorée sans diminution de sa soudabilité.

20 A cet effet, l'invention a pour premier objet une pièce d'acier de construction soudable dont la composition chimique comprend, en poids :

$$0,10\% \leq C \leq 0,22\%$$

$$0,50\% \leq Si \leq 1,50\%$$

$$Al \leq 0,9\%$$

25  $0\% \leq Mn \leq 3\%$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 4\%$$

$$0\% \leq Cu \leq 1\%$$

$$0\% \leq Mo + W/2 \leq 1,5\%$$

30  $0,0005\% \leq B \leq 0,010\%$

$$N \leq 0,025\%$$

éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,

5 les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation suivante :

$$B \geq \frac{1}{3} \times K + 0,5, \quad (1)$$

avec  $K = \text{Min}(I^* ; J^*)$

10  $I^* = \text{Max}(0 ; I)$  et  $J^* = \text{Max}(0 ; J)$

$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti - 5))$

$J = \text{Min}\left(N ; 0,5\left(N - 0,52 Al + \sqrt{(N - 0,52 Al)^2 + 283}\right)\right),$

les teneurs en silicium et en aluminium de la composition vérifiant en outre les conditions suivantes :

15 si  $C > 0,145$ , alors  $Si + Al < 0,95$

et dont la structure est bainitique, martensitique ou martensito-bainitique et comprend en outre de 3 à 20% d'austénite résiduelle, de préférence de 5 à 20% d'austénite résiduelle.

Dans un mode de réalisation préféré, la composition chimique de l'acier de la pièce selon l'invention satisfait en outre la relation :

$$1,1\%Mn + 0,7\%Ni + 0,6\%Cr + 1,5(\%Mo + \%W/2) \geq 1, \text{ de préférence } \geq 2 \quad (2)$$

Dans un autre mode de réalisation préféré, la composition chimique de l'acier de la pièce selon l'invention satisfait en outre la relation :

$$\%Cr + 3(\%Mo + \%W/2) \geq 1,8, \text{ de préférence } \geq 2,0.$$

25 L'invention a également pour deuxième objet un procédé de fabrication d'une pièce en acier soudable selon l'invention, caractérisé en ce que :

- on austénitise la pièce par chauffage à une température comprise entre  $Ac_3$  et 1 000°C, de préférence comprise entre  $Ac_3$  et 950°C, puis on la

refroidit jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C de telle sorte que, au cœur de la pièce, la vitesse de refroidissement entre 800°C et 500°C soit supérieure ou égale à la vitesse critique bainitique,

- éventuellement, on effectue un revenu à une température inférieure ou  
5 égale à  $A_{c1}$ .

Entre 500°C environ et l'ambiante et notamment entre 500°C et une température inférieure ou égale à 200°C, la vitesse de refroidissement peut être éventuellement ralentie, notamment pour favoriser un phénomène d'auto-revenu et la rétention de 3% à 20% d'austénite résiduelle.

10 Préférentiellement, la vitesse de refroidissement entre 500°C et une température inférieure ou égale à 200°C sera alors comprise entre 0,07°C/s et 5°C/s ; plus préférentiellement entre 0,15°C/s et 2,5°C/s.

Dans un mode de réalisation préféré, on effectue un revenu à une température inférieure à 300°C pendant un temps inférieur à 10 heures, à  
15 l'issue du refroidissement jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C.

Dans un autre mode de réalisation préféré, le procédé selon l'invention ne comprend pas de revenu à l'issue du refroidissement de la pièce jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C.

20 Dans un autre mode de réalisation préféré, la pièce soumise au procédé selon l'invention est une tôle d'épaisseur comprise entre 3 et 150 mm.

L'invention a pour troisième objet un procédé de fabrication d'une tôle en acier soudable selon l'invention, dont l'épaisseur est comprise entre 3 mm  
25 et 150 mm, et qui est caractérisé en ce qu'on réalise une trempe de ladite tôle, la vitesse de refroidissement  $V_R$  au cœur de la tôle entre 800°C et 500°C, exprimée en °C/heure, et la composition de l'acier étant telles que :

$$1,1\%Mn + 0,7\%Ni + 0,6\%Cr + 1,5(\%Mo + \%W/2) + \log V_R \geq 5,5,$$

et de préférence  $\geq 6$ , log étant le logarithme décimal.

30 La présente invention est basée sur le constat nouveau que l'ajout de silicium dans les teneurs indiquées ci-dessus permet d'accroître l'effet

trempeant du bore de 30 à 50%. Cette synergie intervient sans augmentation de la quantité de bore ajoutée, alors que le silicium ne présente pas d'effet trempeant notable en l'absence de bore.

5 D'autre part, l'ajout de silicium n'affecte pas la propriété du bore de voir sa trempeabilité se réduire puis s'annuler avec des températures d'austénitisation croissantes, comme c'est le cas dans la ZAT.

On voit donc que l'utilisation de silicium en présence de bore permet d'augmenter encore la trempeabilité de la pièce sans altérer sa soudabilité.

10 Par ailleurs, on a également découvert que, grâce à l'amélioration de la trempeabilité de ces nuances d'aciers, et en garantissant une teneur minimale en éléments carburigènes que sont, notamment, le chrome, le molybdène et le tungstène, on pouvait fabriquer ces aciers en n'effectuant qu'un revenu à faible température, voire même en le supprimant.

15 En effet, l'amélioration de la trempeabilité permet de refroidir les pièces plus lentement, tout en garantissant une structure essentiellement bainitique, martensitique ou martensito-bainitique. Ce refroidissement plus lent combiné à une teneur suffisante en éléments carburigènes permet alors la précipitation de fins carbures de chrome, de molybdène et/ou de tungstène par un phénomène dit d'auto-revenu. Ce phénomène d'auto-revenu est , de plus, grandement favorisé par le ralentissement de la vitesse de refroidissement en dessous de 500°C. De même ce ralentissement favorise aussi la rétention d'austénite, préférentiellement dans une proportion comprise entre 3% et 20%. On simplifie donc le procédé de fabrication, tout en améliorant les caractéristiques mécaniques de l'acier, qui ne subit plus  
20 d'adoucissement important dû à un revenu à haute température, comme on le pratique habituellement. Il reste cependant possible d'effectuer un tel revenu aux températures usuelles, c'est à dire inférieures ou égales à  $A_{c1}$ .

L'invention va maintenant être décrite plus en détail mais de façon non limitative.

30 L'acier de la pièce selon l'invention contient, en poids :



- plus de 0,10% de carbone, pour permettre d'obtenir une dureté suffisante, mais moins de 0,22% pour obtenir une excellente soudabilité, une bonne découpassibilité, une bonne aptitude au pliage et une ténacité satisfaisante ;
- plus de 0,50%, de préférence plus de 0,75%, et de façon particulièrement  
5 préférée plus de 0,85% en poids, de silicium afin d'obtenir la synergie avec le bore, mais moins de 1,5% en poids pour ne pas fragiliser l'acier ;
- plus de 0,0005%, de préférence plus de 0,001% de bore pour ajuster la trempabilité, mais moins de 0,010% en poids pour éviter une trop grande teneur en nitrures de bore néfastes pour les caractéristiques mécaniques de  
10 l'acier ;
- moins de 0,025%, et de préférence moins de 0,015% d'azote, la teneur obtenue étant fonction du procédé d'élaboration de l'acier,
- de 0% à 3% et, de préférence de 0,3% à 1,8% de manganèse, de 0% à 5% et, de préférence de 0% à 2% de nickel, de 0% à 4% de chrome, de 0 à 1 % de cuivre, la somme de la teneur en molybdène et de la moitié de la teneur en tungstène étant inférieure à 1,50% de façon à obtenir une structure  
15 principalement bainitique, martensitique ou martensito-bainitique, le chrome, le molybdène et le tungstène ayant, de plus, l'avantage de permettre la formation de carbures favorables à la résistance mécanique et à l'usure comme indiqué précédemment ; en outre, la somme  $\%Cr + 3(\%Mo + \%W/2)$  est de préférence supérieure à 1,8 %, et de façon particulièrement préférée  
20 supérieure à 2,0%, afin de pouvoir éventuellement limiter le revenu à 300°C, voire de le supprimer ;
- éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5% et/ou de l'aluminium à une teneur inférieure à 0,9%. L'ajout de  
25 V, Nb, Ta, Ti, Zr permet d'obtenir un durcissement par précipitation sans détériorer excessivement la soudabilité. Le titane, le zirconium et l'aluminium peuvent être utilisés pour fixer l'azote présent dans l'acier ce qui protège le bore, le titane pouvant être remplacé en tout ou partie par un poids double de Zr. Le soufre et le calcium permettent d'améliorer l'usinabilité de la nuance.

L'aluminium est limité à 0,9% pour éviter tout problème de bouchage des conduits lors de la coulée.

- les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation suivante

$$B \geq \frac{1}{3} \times K + 0,5, \quad (1)$$

avec  $K = \text{Min}(I^* ; J^*)$

$$I^* = \text{Max}(0 ; I) \quad \text{et} \quad J^* = \text{Max}(0 ; J)$$

$$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti - 5))$$

$$J = \text{Min}\left(N ; 0,5\left(N - 0,52 Al + \sqrt{(N - 0,52 Al)^2 + 283}\right)\right),$$

avec la condition supplémentaire que :

- 10 - si  $C > 0,145$  (et de préférence  $> 0,140$ ), alors  $Si + Al < 0,95$ , et de préférence  $< 0,90$ , afin de délimiter clairement l'invention par rapport à la demande antérieure EP 0 725 156,
- le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Pour fabriquer une pièce soudable, on élabore un acier conforme à l'invention, on le coule sous forme d'un demi produit qui est alors mis en forme par déformation plastique à chaud, par exemple par laminage ou par forgeage. La pièce ainsi obtenue est alors austénitisée par chauffage à une température au dessus de  $Ac_3$  mais inférieure à  $1\ 000^\circ\text{C}$ , et de préférence inférieure à  $950^\circ\text{C}$ , puis refroidie jusqu'à la température ambiante de telle sorte que, au cœur de la pièce, la vitesse de refroidissement entre  $800^\circ\text{C}$  et  $500^\circ\text{C}$  soit supérieure à la vitesse critique bainitique. On limite la température d'austénitisation à  $1\ 000^\circ\text{C}$ , car au-delà l'effet trempant du bore devient trop faible.

Toutefois, il est également possible d'obtenir la pièce par refroidissement direct dans la chaude de mise en forme (sans réausténitisation) et dans ce cas, même si le chauffage avant mise en forme

dépasse 1000°C tout en restant inférieur à 1300°C, le bore conservant son effet dans ce cas.

Pour refroidir la pièce jusqu'à la température ambiante, depuis la température d'austénitisation, on peut tremper utiliser tous les procédés de trempes connus (air, huile, eau) dès lors que la vitesse de refroidissement reste supérieure à la vitesse critique bainitique.

On soumet ensuite éventuellement la pièce à un revenu classique à une température inférieure ou égale à  $Ac_1$ , mais on préfère limiter la température à 300°C, voire même supprimer cette étape. En effet, l'absence de revenu peut être, éventuellement, compensée par un phénomène d'auto-revenu. Celui-ci est notamment favorisé en autorisant une vitesse de refroidissement à basse température (c'est à dire en dessous de 500°C environ) préférentiellement comprise entre 0,07°/s et 5°/s ; plus préférentiellement entre 0,15°C/s et 2,5°C/s.

A cet effet, on pourra employer tous les moyens de trempes connus, à condition de les contrôler si nécessaire. Ainsi, on pourra par exemple utiliser une trempes à l'eau si on ralentit la vitesse de refroidissement lorsque la température de la pièce descend en dessous de 500°C, ce qui pourra notamment se faire en sortant la pièce de l'eau pour finir la trempes à l'air.

On obtient ainsi une pièce, et notamment une tôle, soudable constituée d'acier ayant une structure bainitique, martensitique ou martensito-bainitique à cœur, comprenant de 3 à 20% d'austénite résiduelle.

La présence d'austénite résiduelle offre un intérêt particulier en regard du comportement de l'acier au soudage. En effet, en vue de limiter le risque de fissuration au soudage, et complémentirement à la réduction susmentionnée de la trempabilité de la ZAT, la présence d'austénite résiduelle dans le métal de base, au voisinage de la ZAT, permet de fixer une partie de l'hydrogène dissous, éventuellement introduit par l'opération de soudage, hydrogène qui non ainsi fixé, viendrait accroître le risque de fissuration.

A titre d'exemple, on a fabriqué des lingotins avec les aciers 1 et 2 conformes à l'invention, et avec les aciers A et B selon l'art antérieur, dont les compositions sont, en millièmes de % en poids, et à l'exception du fer :

	C	Si	B	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	Ti	Al	N
1	145	875	3	1160	180	1600	170	0	0	0	0	55	7
A	147	310	3	1140	210	1610	175	0	0	0	0	52	6
2	215	740	2	1120	190	1550	90	240	55	0	120	10	6
B	212	280	3	1090	200	1590	120	190	65	0	95	12	6

- 5 Après forgeage des lingotins, la trempabilité des quatre aciers a été évaluée par dilatométrie. On s'est ici intéressé à titre d'exemple à la trempabilité martensitique et donc à la vitesse critique martensitique V1 après une austénitisation à 900°C pendant 15 minutes.

- 10 On déduit de cette vitesse V1 les épaisseurs maximales des tôles que l'on peut obtenir en conservant une structure essentiellement martensitique à cœur et comprenant également au moins 3% d'austénite résiduelle. Ces épaisseurs ont été déterminées dans le cas d'une trempe à l'air (A), à l'huile (H) et à l'eau (E).

- 15 Enfin, on a estimé la soudabilité des quatre aciers en calculant leur pourcentage de carbone équivalent selon la formule :

$$C_{\text{eq}} = (\%C + \%Mn/6 + (\%Cr + (\%Mo + \%W/2) + \%V)/5 + \%Ni/15)$$

Les caractéristiques des lingotins L1 et L2, conformes à l'invention, et des lingotins LA et LB, données à titre de comparaison, sont :

Lingotin	V1 (°C/h)	Epaisseur max. (mm)			C <sub>eq</sub> (%)
		A	H	E	
L1	12 000	6	50	80	0,704
LA	30 000	2	25	50	0,708
L2	7 500	9	60	110	0,777
LB	17 000	4	40	70	0,781

On constate que les vitesses critiques martensitiques des pièces selon l'invention sont nettement inférieures aux vitesses correspondantes des lingotins en acier de l'art antérieur, ce qui signifie que leur trempabilité a été  
 5 sensiblement améliorée, alors que dans le même temps leur soudabilité est inchangée.

L'amélioration de la trempabilité permet ainsi de fabriquer des pièces à structure trempée à cœur dans des conditions de refroidissement moins drastiques que celles de l'art antérieur et/ou dans des épaisseurs maximum  
 10 plus fortes.

## REVENDEICATIONS

1. Pièce d'acier de construction soudable, caractérisée en ce que sa composition chimique comprend, en poids :

$$\begin{aligned}
 &0,10\% \leq C \leq 0,22\% \\
 &0,50\% \leq Si \leq 1,50\% \\
 &Al \leq 0,9\% \\
 &0\% \leq Mn \leq 3\% \\
 &0\% \leq Ni \leq 5\% \\
 &0\% \leq Cr \leq 4\% \\
 &0\% \leq Cu \leq 1\% \\
 &0\% \leq Mo + W/2 \leq 1,5\% \\
 &0,0005\% \leq B \leq 0,010\% \\
 &N \leq 0,025\%
 \end{aligned}$$

éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,

les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation suivante :

$$B \geq \frac{1}{3} \times K + 0,5, \quad (1)$$

avec  $K = \text{Min}(I^* ; J^*)$

$I^* = \text{Max}(0 ; I)$  et  $J^* = \text{Max}(0 ; J)$

$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti - 5))$

$$J = \text{Min} \left( N ; 0,5 \left( N - 0,52 Al + \sqrt{(N - 0,52 Al)^2 + 283} \right) \right),$$

les teneurs en silicium et en aluminium de la composition vérifiant en outre les conditions suivantes :

si  $C > 0,145$ , alors  $Si + Al < 0,95$

et dont la structure est bainitique, martensitique ou martensito-bainitique et comprend en outre de 3 à 20% d'austénite résiduelle.

2. Pièce d'acier selon la revendication 1, caractérisée en ce que sa composition chimique satisfait en outre la relation suivante :

$$1,1\% \text{Mn} + 0,7\% \text{Ni} + 0,6\% \text{Cr} + 1,5(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 1 \quad (2)$$

3. Pièce d'acier selon la revendication 2, caractérisée en outre en ce que sa composition chimique satisfait la relation suivante :

$$1,1\% \text{Mn} + 0,7\% \text{Ni} + 0,6\% \text{Cr} + 1,5(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 2 \quad (2)$$

4. Pièce d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que sa composition chimique satisfait en outre la relation suivante :

$$\% \text{Cr} + 3(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 1,8.$$

5. Pièce d'acier selon la revendication 4, caractérisée en ce que sa composition chimique satisfait en outre la relation suivante :

$$\% \text{Cr} + 3(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 2,0.$$

6. Procédé de fabrication d'une pièce en acier soudable selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que,

- on austénitise la pièce par chauffage à une température comprise entre  $A_{c3}$  et 1 000°C, puis on la refroidit jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C, de telle sorte que, au cœur de la pièce, la vitesse de refroidissement entre 800°C et 500°C soit supérieure ou égale à la vitesse critique bainitique,

- éventuellement, on effectue un revenu à une température inférieure ou égale à  $A_{c1}$ .

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que, au cœur de ladite pièce, la vitesse de refroidissement entre 500°C et une température inférieure ou égale à 200°C est comprise entre 0,07°C/s et 5°C/s.

8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que l'on effectue un revenu à une température inférieure à 300°C pendant un temps inférieur à 10 heures, à l'issue du refroidissement jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C.

9. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que l'on n'effectue pas de revenu à l'issue du refroidissement jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C.

5 10. Procédé de fabrication d'une tôle en acier soudable selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dont l'épaisseur est comprise entre 3 mm et 150 mm, caractérisé en ce qu'on réalise une trempe de ladite tôle, la vitesse de refroidissement  $V_R$  au cœur de la pièce entre 800°C et 500°C et la composition de l'acier étant telles que :

$$1,1\% \text{Mn} + 0,7\% \text{Ni} + 0,6\% \text{Cr} + 1,5(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) + \log V_R \geq 5,5.$$

10 11. Procédé de fabrication d'une tôle en acier soudable selon la revendication 10, dont l'épaisseur est comprise entre 3 mm et 150 mm, caractérisé en outre en ce qu'on réalise une trempe de ladite tôle, la vitesse de refroidissement  $V_R$  au cœur de la pièce entre 800°C et 500°C et la composition de l'acier étant telles que :

15  $1,1\% \text{Mn} + 0,7\% \text{Ni} + 0,6\% \text{Cr} + 1,5(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) + \log V_R \geq 6.$





# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235\*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260999

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		CL1 01/003A	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		8214422	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) PIECE D'ACIER DE CONSTRUCTION SOUDABLE ET PROCEDE DE FABRICATION			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> USINOR S. A. Immeuble "La Pacific" La Défense 7 11/13 Cours Valmy 92800 PUTEAUX (FRANCE)			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1.» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
<b>Nom</b>		BEGUINOT	
<b>Prénoms</b>		Jean	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	12 rue des Pyrénées	
	<b>Code postal et ville</b>	71200	LE CREUSOT (FRANCE)
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>		BRISSON	
<b>Prénoms</b>		Jean-Georges	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	45 bis rue Lamartine	
	<b>Code postal et ville</b>	71200	LE CREUSOT (FRANCE)
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>			
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>		
	<b>Code postal et ville</b>		
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <del>DU (DES) DEMANDEUR(S)</del> <del>OU DU MANDATAIRE</del> (Nom et qualité du signataire) 13/11/2002 Sophie PLAISANT			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

BEST AVAILABLE COPY